

Zeitschr. f. Pilzkunde	39	39 –44	Oktober 1973
------------------------	----	--------	--------------

Moderne Aspekte der Mykologie

Von M. Moser

Wenn der Pilzfreund das Wort „Mykologie“ hört oder gebraucht, so verbindet er damit fast ausschließlich den Begriff der „Pilzsystematik“. Dies ist durchaus verständlich, denn historisch betrachtet war auch der ursprüngliche Sinn des Begriffes „Mykologie“ fast identisch mit dem Begriff der „Pilzsystematik“. Die Entwicklung der Mykologie zu ihrem heutigen Umfang hat davon ihren Ausgang genommen, und es ist verständlich, daß für das Gesamtgebiet auch heute noch die Systematik eine grundlegende Bedeutung hat. Der Fortschritt der Mykologie wird augenfällig, wenn wir die Arbeiten eines Klassikers der Mykologie, Elias Fries, die rein beschreibend-systematischer Natur waren, mit jenen seines Urenkels Professor Niels Fries in Uppsala vergleichen. Auch dieser ist den Pilzen als Arbeitsobjekt treu geblieben, aber er beschäftigt sich mit physiologischen und physiologisch-biochemischen Fragen. Manche von Ihnen werden ja seinen Vortrag auf dem Internationalen Mykologischen Kongreß in Exeter 1971 über die Wirkung flüchtiger organischer Verbindungen auf Wachstum und Entwicklung von Pilzen gehört haben. (Fries, N. 1973)

Die Mykologie, in ihrem Gesamtumfang gesehen, ist heute in zunehmendem Maße eine professionelle Angelegenheit geworden. Der Teil der Mykologie, mit dem sich der Amateur heute noch sinnvoll beschäftigen kann, ist vom gesamten Fach nur ein sehr kleiner Teil. Dennoch hat sich aber auch eine Vielzahl von Berufsmykologen neben ihrem meist laborgebundenen Arbeitsgebiet noch ein starkes Interesse für die Feldmykologie bewahrt. Das Programm dieser Tagung, das Vorträge aus verschiedenen Sektoren der Mykologie umfaßt ebenso wie Pilzexkursionen mag dies etwas zum Ausdruck bringen.

Wenn nun auch die Systematik der Pilze die Grundlage für die anderen Sparten der Mykologie liefert, möchte ich Entwicklungen auf diesem Gebiet nicht vorweg erwähnen, da sie gerade zu sehr mit den Fortschritten vieler anderer Zweige der Mykologie verknüpft, ja von diesen abhängig sind.

Es ist vielleicht sinnvoll, die Anatomie, Zytologie und Feinstrukturforschung als erstes zu nennen. Es sind vor allem zwei Richtungen, die jede für sich, besonders aber auch im Zusammenwirken stark befruchtend gewirkt und unsere Kenntnisse über Bau und Funktion der Pilze und ihrer Organe enorm erweitert haben und von denen auch in Zukunft noch wesentliches zu erwarten ist: die elektronenmikroskopische und die zytochemische Untersuchung von Pilzen.

Die Aufschlüsse, die wir dem Elektronenmikroskop auch auf mykologischem Gebiet verdanken, etwa über Organellen als solche (wie Sporen und deren Aufbau, Hyphenwände, Zellkern, Mitochondrien, Golgi-Apparat und viele andere) oder Strukturen, die bestimmte Entwicklungsphasen kennzeichnen (z. B. während der Sporenkeimung, der Sporulierung, der Zellteilung u. a. m.), sind zahllos. Mit Hilfe von Mikrotechniken (chromogene und Fluoreszenzreaktionen, Autoradiographie u. a.) konnte die Zytochemie

Zellorganellen mit bestimmten Funktionen oder die Verteilung bestimmter Verbindungen in der Zelle lokalisieren bzw. ihr Auftreten während bestimmter Entwicklungsphasen nachweisen. Als Beispiele seien wahllos herausgegriffen der Nachweis verschiedener enzymatischer Funktionen in bestimmten Zellteilen, z. B. Peroxisomen (J. Reiss 1971, Hoffmann H.P. 1970), Hydrolasen (Reiss 1971) oder bestimmter Aminosäuren wie etwa des Cystins in Zellwänden (Thompson E., 1970) oder von SH-Gruppen z. B. bei Teilungsvorgängen in Hefen [Pitt, 1969 (1970)]. Die Bedeutung solcher Untersuchungen für Physiologie und Biochemie der Pilze liegt auf der Hand.

Mit Hilfe des Scanning-(Stereoelektronen-)Mikroskops ist nunmehr eine hervorragende Erfassung der Oberflächenstrukturen möglich geworden. Es ist verständlich, daß sich besonders auch der Systematiker für derartige Untersuchungen interessiert, wie sie nun schon über zahlreiche Sporentypen oder z. B. etwa Capillitiumstrukturen von Myxomyceten u. a. vorliegen.

Zahlreich sind natürlich die Fragen, mit denen sich die Physiologie an pilzlichen Objekten beschäftigt. Da es sich bei Pilzen vielfach ja auch um Schadorganismen handelt (Phyto-, Tier- und Humanpathologie, Zerstörer von Wirtschaftsprодукten etc.) stehen die Arbeiten zum großen Teil mit zwei Problemgruppen im Zusammenhang: Wachstum und Fruktifikation der Pilze und Verhinderung des Wachstums, wobei derartige Untersuchungen sich auf verschiedenste Entwicklungsstadien von der Keimung bis zur Sporenreife beziehen. Bei zahlreichen Pilzen, saprophytischen und fakultativ parasitischen, bietet die Keimung der Spore kein Problem. Bei anderen Gruppen, meist mit spezifischen ökologischen Ansprüchen, wie manchen obligat parasitischen ebenso wie symbiontisch gebundenen sowie solchen von sehr spezifischen Habitaten, steht die Forschung hingegen noch vor ungelösten Problemen.

Mit beiden der oben angedeuteten Fragenkomplexe können natürlich die zahlreichen Untersuchungen über Stoffwechselvorgänge, enzymologische Arbeiten, Forschungen über Wachstumsstimulatoren ebenso wie Inhibitoren im Zusammenhang stehen, wobei derartige Substanzen selbst häufig wieder pilzlichen Ursprungs sein können (Kapooria R.G. und M.C. Sharna, 1968 (1970)). In diesem Zusammenhang seien auch die praktisch interessanten Fragen des selektiven Anreicherungsvermögens vieler Pilze für Derivate (Metallsalze, toxische Fraktionen) aus Spritzmitteln und industriellen Abfallprodukten erwähnt.

Virulenzfragen besitzen große Bedeutung in der Phyto- ebenso wie der Tier- und Humanpathologie, wobei Forschungen über exogene Umweltfaktoren ebenso wichtig sind wie über endogene, meist im Enzymsystem zu suchende Ursachen.

Auch die Phytopathologie ist untrennbar mit der Mykologie verbunden, und auch hier konnte man früher einmal Mykologie und Phytopathologie fast gleichsetzen. Heute betrifft die Mykologie zwar nur einen Teil, aber einen sehr wesentlichen Teil der Phytopathologie. Auf diesem Gebiet waren es früher ebenfalls fast ausschließlich systematisch-mykologische Kenntnisse, die der Phytopathologe benötigte. Heute ist viel mehr erforderlich. Je besser die Kenntnisse des physiologischen Verhaltens sowie der Ökologie eines Erregers sind, um so eher wird der Phytopathologe ihn in den Griff bekommen. Unbedingt erwähnt muß hier auch die Pilzgenetik werden. Jeder, der auf diesem Gebiet tätig ist, weiß, mit welchen Problemen man gerade in der Phytopathologie infolge der Mutabilität der Erreger, durch Bastardierungen von Rassen, bei Resistenzzüchtungsfragen u. ä. laufend konfrontiert wird. Auch hier spielen wieder Feinstrukturforschungen und Cytochemie eine Rolle, und nicht weniger bedeutsam sind die Ergebnisse (bio)chemischer Arbeiten für den Phytopathologen. Die Aufklärung von durch den Erreger gebildeten

Stoffen, wie Phytotoxinen, Welketoxyenen (z. B. Fusarinsäure, Lycomarasmin) oder die Erfassung der Enzymsysteme der einzelnen Erreger (z. B. Besitz von Zellulasen, Hemizellulasen, Pectinasen u. a.) können zur Beantwortung wesentlicher Fragen dienen wie: Warum befallen bestimmte Pilze nur bestimmte Wirtspflanzen, warum werden eventuell nur bestimmte Organe derselben und eventuell auch nur zu bestimmten Zeiten befallen. Ebenso kann dazu aber auch die Kenntnis der Bildung von Inhaltsstoffen der Wirtspflanze beitragen. Als Beispiel sei der Befall von Antheren des Weizens durch *Fusarium graminearum* angeführt (R. N. Strange & H. Smith 1971, Purss G. S., 1971), wo Betain- und Cholinbildung während der Blütezeit als Stimulatoren auf den genannten Pilz wirksam werden (verschiedene andere Pilze werden erst in viel höheren Konzentrationen stimuliert).

Die Anwendung von immunologischen Reaktionen ist nicht mehr neu. In zunehmendem Maße wird nun auch die Fluoreszenz-Antikörper-Technik für die Identifizierung von phytopathogenen Pilzen herangezogen. Das gleiche gilt auch für humanpathogene Pilze.

Seit langem sind Pilze als Zerstörer von Gebrauchsgütern bekannt (Bauholz, Textilien, Lebensmittel etc.). Fragen der Biodeterioration gewinnen aber immer noch zunehmend an Bedeutung und nur ein Beispiel mag zeigen, daß selbst die moderne Technik mit mykologischen Problemen konfrontiert wird. Ein Pilz, *Amorphotheca resinae* (Imperfektform *Cladosporium resinae*) hat sich als Schädling im Flugbetrieb herausgestellt, da er zu Verstopfungen von Benzinleitungen führen kann. Der Pilz tritt auch in Böden auf, jedoch kaum in Gebieten, durch die kein Straßennetz führt. Hingegen zeigten Untersuchungen von Sheridan und Mitarbeitern (Sheridan J. E., J. Steel und M. D. E. Knox 1971), daß der Pilz in ca. 50% aller Proben aus der Nähe von geteerten Straßen enthalten war. Dies wird auf die Verdrängung der Konkurrenten zurückgeführt, während der oben angeführte Pilz auf Kohlenhydraten aus Ölen, Benzin und Teer wachsen kann.

Auch die Pilzgenetik hat seit den Arbeiten von Dodge in den zwanziger Jahren einen gewaltigen Aufschwung genommen. Die Genetik hat sich aber in den meisten Fällen nicht so sehr deshalb der Pilze als Arbeitsobjekte bedient, um genetische Verhältnisse an Pilzen aufzuklären, sondern weil es mit Hilfe dieser Objekte möglich wurde, ähnlich wie mit Hilfe von Viren und Bakterien allgemein gültige, grundlegende Erkenntnisse über den Aufbau und die Wirkungsweise des genetischen Materials zu gewinnen. Vor allem konnte die Richtung der biochemischen Genetik mit Hilfe pilzlicher Objekte große Erfolge erzielen, z. T. bis in Bereiche der Molekulargenetik hinein. Aber auch daraus ergibt sich, daß zumindest drei Arbeitsrichtungen der Mykologie ihrerseits wieder von den Ergebnissen der Pilzgenetik profitieren oder in Zukunft noch stark befruchtet werden dürften: es sind dies die Biochemie der Pilze, die mykologische Seite der Phytopathologie und natürlich die Pilzsystematik.

Schon aus dem bisher Gesagten kann verschiedentlich entnommen werden, daß auch die Biochemie (vielfach aus ähnlichen Gründen wie die Genetik) sich gerne pilzlicher Objekte bedient, daß aber umgekehrt der Mykologe — wie jeder Biologe — oft vor der Notwendigkeit steht, sich mit biochemischen Fragen zu beschäftigen. Vor allem die Zusammenarbeit von Biochemie, Mykologie und Genetik hat auf diesem Gebiet in den letzten Jahrzehnten eine immense Fülle von neuen Erkenntnissen erarbeitet, die nun tiefere Einblicke in das Geschehen innerhalb des Pilzes, in den Chemismus des Stoffwechsels, in die Biosynthese spezifischer Produkte u. ä. ermöglichen. Die industrielle Mykologie ist weitestgehend auf solche Forschungen angewiesen, da vielfach die bloße Kenntnis von Endprodukten oder der chemischen Zusammensetzung der Organismen als solcher aufgrund chemischer Analysen nicht ausreicht, sondern eine Kenntnis des

Bildungsweges, der Zwischenstufen von Substanzen notwendig ist. Als praktische Beispiele sind ja heute die Produktion von Antibiotika, organischen Säuren, Enzympräparaten u. a. zur Genüge bekannt.

Auch die Erforschung der Pilzgifte besitzt große Aktualität, wenn wir auch hier vielfach über die Biogenese solcher Substanzen noch sehr wenig wissen. Auf diesem Gebiet danken wir es ebenfalls verfeinerten Analysen- und Untersuchungsmethoden, daß sie zur Aufklärung verschiedener Toxine geführt haben (Giftstoffe von *Amanita muscaria*, *phalloides*) und von denen weitere Ergebnisse sicher zu erwarten sind. Dennoch bietet das Feld der Pilztoxine auch heute noch ein weites Arbeitsfeld, sowohl was die strukturelle Aufklärung von Giftstoffen betrifft, als auch hinsichtlich ihres Wirkungsmechanismus. Die kürzlichen Ergebnisse hinsichtlich des Kahlen Kremplings (*Paxillus involutus*) (J. Schmidt, W. Hartmann, A. Würstlin u. H. Deicher 1971) zeigen dies deutlich.

Vielleicht noch größere praktische Bedeutung als den Untersuchungen an Giftstoffen von Großpilzen mag jedoch Arbeiten über solche aus niederen Pilzen zukommen, einfach schon deshalb, weil dadurch unbewußt viel größere Bevölkerungskreise betroffen werden können. Es sei hier nur das in den letzten Jahren bekannt gewordene Beispiel der Aflatoxine herausgegriffen, Stoffe, die durch *Aspergillus flavus*, aber auch durch einige andere niedere Pilze gebildet werden. Die werden besonders auf von diesen befallenen Erdnüssen gebildet, man konnte sie kürzlich aber sogar von Fleischwaren nachweisen. Die Substanzen wurden erst vor relativ kurzer Zeit infolge ihrer letalen Wirkung auf Geflügel nach Fütterung mit pilzbefallenen Erdnüssen entdeckt. Inzwischen hat man jedoch über die toxische Wirkung hinaus auch eine starke carcinogene Wirkung (Leberkrebs) im Tierversuch bei Fischen, Vögeln und Säugetieren festgestellt. Bei Ratten erwiesen sich die Aflatoxine als die wirksamsten Hepatocarcinogene. Es gibt noch keinen Beweis dafür, daß diese Substanzen auch auf den Menschen wirksam sind. Doch geben Untersuchungsergebnisse immerhin zu denken, die zeigen, daß in solchen Gebieten, die für die Toxinbildung optimale Bedingungen aufweisen auch eine hohe Rate an menschlichem Leberkrebs beobachtet werden konnte und daß in diesen Gebieten Aflatoxine in den menschlichen Nahrungsmitteln nachgewiesen werden konnten (W. H. Butler). Dies Beispiel mag zeigen, wie bedeutsam Forschungen gerade auf dem Gebiet sein können, zum anderen aber auch, wie wenig wir tatsächlich noch über die Pilze und ihre Wirkungen wissen.

Dieses Beispiel gibt mir aber auch Anlaß, auf ein anderes mykologisches Arbeitsgebiet kurz hinzuweisen, nämlich die Pilzökologie und -soziologie. Die Untersuchung und Kontrolle der Zusammensetzung der Bodenmykoflora kann gerade im Hinblick auf solche Toxinbildner (G. L. Barnes, 1971), aber auch bei Pflanzenkrankheiten, bei menschlichen Mykosen u. ä. von Interesse sein. Als anderer praktischer Anwendungsbereich sei auch die Mykorrhizaforschung erwähnt, die immer mehr praktisch anwendbare Ergebnisse für die Forstwirtschaft zeitigt.

Die verfeinerten Methoden der chemischen Analyse der Naturstoffchemie, die Aufklärung von Biosynthesewegen ergaben die Möglichkeit, auch chemische Charaktere in vermehrtem Umfang für taxonomische Zwecke heranzuziehen. Die Anfänge liegen ja bereits weiter zurück mit der Anwendung makrochemischer Farbreaktionen vor allem für die Bestimmung höherer Pilze. Der Nachteil dabei war (und ist es in vielen Fällen noch), daß man mit Reaktionen mit einem unbekannten Substrat gearbeitet hat.

Heute versucht man sowohl Verbindungen des Primärstoffwechsels (Nucleinsäuren, Proteine etc.) als auch solche des sekundären Stoffwechsels für die Taxonomie und Systematik der Pilze heranzuziehen. Mit der Aufklärung der Strukturprinzipien der

Nucleinsäuren (besonders der Desoxyribonucleinsäure) als Träger der Erbinformation lag natürlich der Gedanke nahe, deren Zusammensetzung zu vergleichen, da die Unterschiede der einzelnen Taxa ja in der Sequenzfolge der Basen der DNS ihre Ursache haben müssen. Ein Vergleich der Sequenzfolgen der DNS aller Taxa ist natürlich ein utopischer Wunschtraum, aber auch der prozentuelle Anteil der einzelnen Basenpaare (in der Regel angegeben als % Guanin-Cytosin) konnte bereits wertvolle Hinweise geben. Am besten untersucht sind bis heute dank der Arbeiten japanischer Forscher wohl die hefeartigen Pilze. Die sich daraus ergebenden Gruppierungen zeigen vielfach sehr weitgehende Deckung mit Gruppierungen, die mit Hilfe anderer Charaktere aufgestellt worden waren (fermentative Eigenschaften, Temperaturoptima, Antigenstrukturen, Vitamin-Bedarf, Jodreaktion der Nährlösung u. a. m.). Die erhaltenen Werte geben bei imperfekten hefeartigen Organismen aber auch Hinweise über ihre Zuordnung im System.

Auch DNS-Hybridisierungsexperimente versprechen vielleicht manche Aufschlüsse, da sie durch Bestimmung der Übereinstimmungen bzw. Abweichungen in der Basenabfolge Ähnlichkeits- bzw. Unähnlichkeitsvergleiche verschiedener Taxa ermöglichen. Freilich sind solche bisher bei Pilzen nur in sehr bescheidenem Umfang durchgeführt worden.

Auf dem Proteinsektor seien Enzyme als Beispiele herausgegriffen. Enzymologische Untersuchungen vervollständigen immer mehr die Kenntnisse über den Enzymsatz verschiedener Taxa, sie erbringen aber auch immer neue Beispiele dafür, daß Enzyme mit gleicher Wirkung bei einzelnen Organismengruppen, u. U. auch bei Arten einer Gattung chemisch verschieden sein können.

In den letzten Jahren hat sich die Chemotaxonomie der Pilze in zunehmendem Maße auch für die Produkte des Sekundärstoffwechsels zu interessieren begonnen, besonders intensiv auf dem Gebiet der höheren Pilze. Vor allem Pigmente sind hier sehr verlockend, aber auch Toxine bzw. Substanzen, die durch bestimmte Reaktionen (Farbreaktionen, Fluoreszenzerscheinungen) gut erfaßbar sind. Solche Stoffgruppen haben sich z. T. auf dem Niveau höherer Taxa (z. B. *Boletales*, *Thelephoraceae*), vor allem aber auf generischem und infragenerischem Niveau (Bsp. *Cortinarius*, *Dermocybe*) als nützlich erwiesen.

Es sind in den letzten Jahren zu diesem Thema zahlreiche Arbeiten und auch zusammenfassende Darstellungen erschienen, und auch auf dieser Tagung wird uns im Vortragsprogramm einiges geboten werden, so daß es sich erübrigt, an dieser Stelle näher darauf einzugehen.

Systematik und Taxonomie der Pilze sind die Gebiete, zu deren Weiterentwicklung nicht nur die Erweiterung der Kenntnisse über den Chemismus der Pilze, sondern die Mehrzahl der erwähnten Sparten der Mykologie beigetragen haben.

Die Zahl der heute jährlich auf dem Gebiete der Mykologie im weitesten Sinne erscheinenden Publikationen dürfte nicht weit von 10 000 liegen. Niemand mehr kann das Gesamtgebiet überblicken, und dies bedingt natürlich die weitgehende Aufsplitterung in spezielle Arbeitsrichtungen. Aber wie ich hoffe, durch meine Ausführungen gezeigt zu haben, sind viele dieser Richtungen eng miteinander verknüpft und voneinander abhängig und – so verschiedenartig sie im einzelnen auch sein mögen – fast keine kann für sich allein zu weiteren Fortschritten gelangen und alle tragen bei zur Weiterentwicklung und Vertiefung unserer Kenntnisse auf dem Gebiet der Mykologie.

Literatur

- BARNES, G. L., 1971, Mycoflora of developing peanut pods in Oklahoma. *Mycopath. et Mycol. Appl.* **45**, 85–92.
- BUTLER, W. H., 1970, Liver injury induced by Afla Toxin. In *Progress in Liver diseases*, vol. III, p. 408–418.
- FRIES, N., 1973, Effects of volatile organic compounds on the growth and development of fungi. *Trans. Brit. Myc. Soc.* **60**, 1–21.
- HOFFMANN, H. P., 1970, Cytochemical localisation of catalase activity in yeast peroxisomes.— *Journ. of Bacteriol.* **104**, 581–584.
- KAPOORIA, R. G. and M. C. SHARNA 1968 (1970), Studies in the antifungal properties of the exudats of fungi I. Fungal exudates inhibiting uredospore germination of *Puccinia penniseti* Zimm. — *Agra Univ. J. Res. Sci.* **17**, 167–169.
- PITT, D., 1969 (1970), Cytochemical observations on the localisation of sulphhydryl groups in budding yeast cells and in the phialides of *Penicillium notatum* Westl. during conidiation. *Journ. Gen. Microbiol.* **59**, 257–268.
- PURSS, G. S., 1971, Pathogenic specialisation in *Fusarium graminearum*. — *Austr. Journ. of Agric. Res.* **22**, 553–561.
- REISS, J., 1971, Cytochemische Darstellung von Peroxisomen in Pilzzellen. — *Protoplasma* **72**, 43–48.
- 1971, Cytochemischer Nachweis von Hydrolasen in Pilzzellen II. Aminopeptidase. *Acta Histochemica* **39**, 277–285.
- SCHMIDT, J., W. HARTMANN, A. WÜRSTLIN und H. DEICHER, 1971, Akutes Nierenversagen durch immunhämolytische Anämie nach Genuß des Kahlen Krempfings (*Paxillus involutus*). *Deutsche Medizin. Wochenschrift* **96**, 1188–1191.
- SHERIDAN, J. E., J. STEEL and M. D. E. KNOX, 1971, The natural occurrence of the „kerosene fungus“ *Amorphotheca resinae* in New Zealand soils. — *New Zealand Journ. Sci.* **14**, 147–160.
- STRANGE, R. N. and H. SMITH, Partial purification and properties of a fungal growth stimulant in anthers which predisposes wheat-M to attack by *Fusarium graminearum*. — *Physiological Plant Pathology* **1**, 141.
- THOMPSON, E., and J. ROSS CALVIN, 1970, Electron cytochemical localisation of cystine in plant cell walls. — *Journ. Microsc. (Oxford)* **91**, 87–98.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Pilzkunde](#)

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: [39_1973](#)

Autor(en)/Author(s): Moser Meinhard Michael

Artikel/Article: [Modeme Aspekte der Mykologie 39-44](#)